E/CONF.39/A/222
31 Oct.1962
ORIGINAL : FRANCAIS

CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR L'APPLICATION DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNIQUE
DANS L'INTÉRÊT DES RÉGIONS PEU DÉVELOPPÉES

Point de l'ordre du jour : A.3.1.1

Italie

METHODES SOMMAIRES ET DETAILLEES, EMPLOYEES POUR L'EVALUATION DES RESSOURCES HYDRAULIQUES D'UN PAYS

Par le Professeur Dino TONINI,
Ingénieur,
Directeur du Bureau d'Etudes
de la Société Adriatique d'Electricité,
Venise

Les mémoires rédigés à l'intention de la Conférence des Nations Unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des régions peu développées sont des documents de travail. Ils sont publiés tels qu'ils ont été présentés et les assertions et opinions qu'ils contiennent sont celles de leurs auteurs.

NOTES

1. Les mémoires choisis pour être présentés en séance générale pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

2. Les mémoires choisis pour être présentés en séance spéciale pourront être obtenus à la Conférence dans l'une seulement de ces langues officielles.

3. Les résumés qui ont été rédigés pour tous les mémoires par les auteurs de ceux-ci pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

4. Préalablement à la Conférence, les mémoires et les résumés ne feront pas l'objet d'une distribution générale mais d'un tirage restreint destiné aux délégations des gouvernements et autres participants officiels. La publication et la distribution générale des actes de la Conférence s'effectueront conformément aux règles et pratiques agréées par le Comité des publications des Nations Unies.

METHODES SOMMAIRES ET DETAILLEES EMPLOYEES POUR L'EVALUATION DES RESSOURCES HYDRAULIQUES D'UN PAYS

1. - L'évaluation des ressources pour force motrice d'une région exige, pour chaque cours d'eau, des recherches détaillées, échelonnées dans le temps, basées sur différents facteurs naturels, (hydrologiques, morphologiques, géologiques etc.) techniques et économiques qui conditionnent ce complexe problème. Les facteurs techniques et économiques peuvent être l'objet de différentes interprétations tenant aux caractéristiques naturelles de chaque pays (présence ou absence d'autres sources d'énergie et leur dégré d'utilisation), à ses caractéristiques sociales et économiques (développement industriel par rapport au développement agricole, niveau général du train de vie des habitants etc.).

Encore ces facteurs évoluent-ils sans cesse (développement de la technique, d'un côté, ce qui comporte des coûts de production moins élévés et des possibilités ultérieures d'absorption du marché) même vers des prix plus élevés d'un autre côté, les rapports réciproques variant d'une manière qu'on ne saurait toujours prévoir.

Il s'ensuit que, tout en partant de prémisses communes on aboutit, pour les pays qui effectuent ce type de recherches, à des résultats qui ont souvent une signification bien différente, qu'on ne saurait utilement comparer et qui, par conséquent ne peuvent fournir la base nécessaire pour cette politique énergétique interrégionale qui est dans les voeux de tous.

Les remarques qu'on vient d'exposer et le fait que l'on ne tient généralement pas compte, dans l'évaluation des sources d'énergie accumulée (charbon, pétrole, produits par fixation etc.) des facteurs techniques et économiques contingents, nous amènent à penser que, même dans le domaine des ressources pour force motrice, il est opportun d'entreprendre d'abord des évaluations "théoriques" destinées à former la base des évaluations techniques et économiques successives.

En effet les évaluations théoriques ne subissent aucune des variations amenées par le temps du moment que les perfectionnements qui ac-

compagnent une connaissance incessamment approfondie des facteurs naturels dont l'interprétation est univoque et certaine à la fois, sont limités; encore cette invariabilité n'est - elle pas le propre des éléments techniques et économiques. Les évaluations théoriques d'élaboration, généralement assez facile et immédiate, permettent encore d'obtenir des rapports significatifs avec les évaluations correspondantes des ressources techniquement et économiquement possibles. On finit donc par disposer de quelques valeurs indice présentant un intérêt remarquable, susceptibles de démontrer la crédibilité et la qualité des évaluations des ressources hydrauliques réelles des pays dont nous avons dressé des cadrastes détaillés et de donner une idée suffisamment précise des ressources effectives des pays dont on ne possède que des évaluations théoriques.

Une évaluation théorique des ressources pour force motrice très répandue est celle qui se base sur la puissance brute W disponible le long du cours principal et des cours secondaires d'un fleuve (puissance intrinsèque technique et linéaire ou de cours) qu'on désigne impropre-ment, en l'appliquant à de vastes régions sous le nom de potentiel intrinsèque, théorique, linéaire. Ce potentiel pour des débits Q_A; Q_B (valeurs moyennes résultant d'une longue période d'observation) en correspondance de la section de prise et de restitution respectivement aux cotes H_A et H_B (pour des débits en m^3/s et des cotes en m sur le niveau de la mer) est exprimé conventionnellement en kW par la

$$W = 9,81 \frac{Q_A + Q_B}{2} (H_A - H_B) \qquad (1)$$

Les valeurs des débits adoptées par les annuaires statistiques de la Conférence Mondiale de l'Energie (W.P.C.) d'après les suggestions du Comité Electrotechnique International (1) sont : le débit Q_{95} disponible pendant le 95% du temps; le débit Q_{50} disponible pendant le 50% du temps; (débit sémi-permanent); le débit $\overline{Q}$ moyen de la période et, pour les installations existantes, le débit $\overline{Q}'$ moyen des débits prélevables de l'installation pour un débit maximum Q'. On envisage même

---

(1) Statistical Year Book of the World Power Conference, on behalf of Central Office of the W.P.C. - Vol. I (1933-1934); Vol. II (1934--1935); Vol. III (1935-1936); Vol. IV (1936-1946); Vol. V (1946-1948); Vol. VI (1948-1950); Vol. VII (1950-1952); Vol. VIII (1952--1954); Vol. IX (1954-1957).

le débit Q_{25} disponible pendant le 25% du temps.

La 1) donne lieu aux représentations graphiques en dents de scie bien connues où sont indiqués en abscisses les débits du même type: Q_{95}; Q_{50}; $\bar{Q}$; etc. disponibles aux différentes sections de prise et de restitution et, par des ordonnées, les cotes sur le niveau de la mer des sections susdites. Les diagrammes qui en résultent, appelés aussi diagrammes hydrodynamiques, consentent d'obtenir immédiatement, pour les différentes combinaisons possibles du cours principal avec ou sans les affluents et avec des utilisations seulement partielles, le potentiel brut de ligne entre la source du cours d'eau et n'importe quelle cote, en considérant l'aire située au-dessus de l'horizontale passant par le point correspondant à la cote fixée d'avance ou le potentiel brut de ligne compris entre deux cotes quelconques en considérant, à son tour, l'aire comprise entre les horizontales passant par les points représentant les deux cotes mêmes.

La méthode qu'on vient d'illustrer présuppose l'existence d'une certaine schématisation des aménagements possibles, conçue en tenant compte des valeurs minimum de la puissance possible, du fractionnement de la chute totale disponible et surtout de l'ordre des cours secondaires susceptibles d'être utilisés, avec des résultats qui ne sont pas toujours indépendants de cette schématisation.

Dans la pratique cependant, les divergences ne dépassent pas les limites consenties pour ce type de recherches.

2. - Le potentiel brut linéaire est transformé, à travers des coefficients de rendement appropriés (0,70 + 0,80) dans le <u>potentiel intrinséque net, utile linéaire ou de cours</u> qui devrait fournir une valeur assez fondée sur les ressources hydroélectriques techniquement possibles. Les réserves qu'on a avancées pour le potentiel théorique sont d'autant plus valables pour le potentiel utile dont les résultats doivent être considérés comme des valeurs limitées plutôt que comme des valeurs probables.

Il est aussi opportun de souligner que, une évaluation en <u>énergie moyenne annuelle</u> des ressources hydroélectriques, apparaît, sous certains aspects, préférable à l'évaluation en puissance, en raison de l'importance différente qu'a l'utilisation de cette dernière sur la

détermination de l'énergie disponible qui est, en définitive, la donnée qui intéresse davantage. La 1) est alors remplacée en exprimant l'énergie E en GWh par la

$$E = \frac{1}{367} \frac{D_A + D_B}{2} (H_A - H_B) \qquad (2)$$

où D_A et D_B sont les écoulements moyens annuels (en hm^3) correspondant aux débits Q_A et Q_B pour lesquels on peut envisager d'abord, pour des aménagements sans réservoir, les valeurs D (Q_{95}) écoulement moyen annuel Q_{95} pour des aménagements prévus pour un débit maximum prélevable Q_{95}) D (Q_{50}) (écoulement moyen annuel pour des aménagements prévus pour un débit maximum prélevable Q_{50}); D($\bar{Q}$) (écoulement moyen annuel pour des aménagements prévus pour un débit maximum prélevable $\bar{Q}$); D ($\bar{Q}'$) (écoulement moyen annuel dans les aménagements existants prévus pour un débit maximum prélevable Q'); D (Q_{25}) (écoulement moyen annuel pour des aménagements prévus pour un débit maximum prélevable de Q_{25}) et enfin $\bar{D}$ (écoulement moyen annuel total pour des débits égaux ou inférieurs à Q_{max}, pour des aménagements simplement indicatifs prévus pour un débit maximum prélevable Q_{max}).

Les différentes valeurs de Q_{95}; D (Q_{95}); Q_{50}; D (Q_{50}) etc. tiennent aux caractéristiques hydrologiques du cours d'eau, synthétisées par les courbes de durée respectives et caractéristiques de l'utilisation.

3. - Si l'on considère, d'une manière tout-à-fait générale, un bassin hydrographique quelconque, délimité de quelque manière que ce soit par une superficie ayant une aire S (exprimée en km^2) situé à une altitude moyenne sur le niveau de la mer (ou par rapport à n'importe quel autre repère) H_s (exprimé en m) dont la contribution moyenne spécifique serait $\bar{q}_s$ (en m^3/s), le potentiel intrinséque brut de superficie est défini par W exprimé comme avant en kW, par la :

$$W = 9,81 \; \bar{q}_s \; S \; H_S \qquad (3)$$

qui presente pratiquement l'avantage, par rapport à la 1), d'être indépendante vis-à-vis de l'ordre des cours fluviaux envisagés et d'avoir toutes les valeurs rapportées à une seule base ce qui assume une grande facilité d'élaborations et de confrontations immédiates et la possibilité de tracer des lignes isopotentielles etc.

Si, même en ce cas, on se rapporte à l'énergie électrique E (exprimée en GWh) on a alors la :

$$E = \frac{\bar{d}_s \, S}{367} \, H_S \qquad (4)$$

où $\bar{d}_s$ représente l'écoulement spécifique annuel (exprimé en hm^3). La 4) définit par conséquent l'énergie hydroélectrique potentielle théoriquement possible appelée communément, bien qu'improprement, potentiel énergétique théorique (ou brut) de superficie. Elle représente l'énergie totale dissipée par les écoulements d'un bassin hydrographique le long de leur parcours jusqu'à la mer. On suppose, à cet égard, que les écoulements des différents bassins hydrographiques partiels se trouvent concentrés dans le point correspondant à l'altitude moyenne du bassin même et qu'ils soient théoriquement utilisables jusqu'au niveau de la mer, abstraction faite des possibilités réelles (techniques et économiques) d'utilisation, de réglement, de rendement, etc.
Le calcul du potentiel hydroélectrique ainsi défini, ne demande que la détermination de l'altitude moyenne des bassins examinés et de l'entité des écoulements correspondant à la periode et à la durée envisagées. Généralement on prend en considération l'écoulement moyen annuel $\bar{D}$ du moment que les passages sont immédiats et le courbes de durée sont connues. Les valeurs obtenues par la 4) ont une signification géophysique précise du moment qu'elles représentent le cours des écoulements déviés par les isohypses; la réduction qu'on fait parfois (à travers des coefficients de rendement) du potentiel de superficie brut en potentiel net, n'a pourtant aucune signification.

La 4) ne saurait, par contre, être employée pour des confrontations entre les potentiels de régions différentes et les potentiels d'une même région pour des époques différentes, confrontations qui sont rendues plus faciles par les courbes isopotentielles pour les valeurs absolues (GWh) ou mieux pour les valeurs spécifiques (GWh/km^2).

4. - La détermination du potentiel brut ne représente qu'un premier pas vers la détermination des ressources hydroélectriques réelles d'un pays, à propos desquelles on a l'habitude de distinguer un potentiel techniquement possible d'avec un potentiel économiquement convenable. Il n'y a pas de commentaires particuliers à faire sur ces définitions; on peut

toutefois souligner le fait que, grâce aux progrès atteints de nos jours dans le domaine de la technique, le potentiel techniquement possible, présente, dans le cours du temps des variations modestes qui peuvent être comprises dans l'ordre d'approximation de la recherche, alors que le potentiel économiquement convenable, à cause de la conjoncture énergétique de chaque pays, fonction non seulement des autres ressources disponibles mais aussi du dégré d'industrialisation, qu'on y a atteint et du cours des marchés, présente avec le temps, des variations même remarquables. Cela fait que, dans les évaluations qui, à cause de leurs caractères particuliers ne sauraient avoir une rapide élaboration, on se rapporte à un potentiel intermédiaire entre les deux potentiels cités, le potentiel techniquement et économiquement utilisable dont on ne peut fournir une définition exacte mais qui tend à devenir, avec le temps, le potentiel techniquement possible.

Le potentiel utilisable ne peut certainement pas être évalué d'une manière presque automatique comme il arrive pour le potentiel brut de superficie, mais il est déduit moyennant les élaborations spécifiques exécutées sur place.

Toutefois, du moment qu'on peut supposer qu'il existe, entre le potentiel brut de superficie et le potentiel utilisable, de bonnes corrélations, on a entrepris, pour les régions dont on connaît les deux valeurs, des recherches statistiques qui ont confirmé ces corrélations mêmes et qui ont permis d'aboutir à la conclusion satisfaisante que le potentiel utilisable est, généralement, compris entre le 20% + 30% environ du potentiel brut suivant le dégré de régularité des cours d'eau et la morphologie du terrain. Ce pourcentage est, en définitive, la pierre de touche qu'on cherchait pour l'évaluation des différents cadrastes nationaux des ressources hydroélectriques; d'autre recherches sont poursuivies maintenant sur les facteurs qui peuvent le déterminer. C'est pour cela que le Comité de l'énergie electrique de l'E.C.E. de Genève (1) a entrepris depuis quelques années la publication de la carte du potentiel brut de superficie spécifique (GWh/km^2) dont on pense qu'elle peut être considérée comme un exemple intéressant de recherches dans ce domaine.

---

(1) - E.C.E. - Comité de l'énergie electrique: Répartition géographique du potentiel hydroélectrique brut des eaux de surface en Europe - Genève, 1961.

1500 F - Nov. 1962 - 1,000